

**Висновки.** В роботі обгрунтована можливість й ефективність використання методів оцінки ризиків впровадження конвергентних рішень, зокрема й ФМС, на основі методики розрахунку інтегрального показника Воронова Максимова з використанням нечітко множинних обчислень та теорії ризик-менеджменту. Подальший розвиток даної методики дозволить розглянути комплексну задачу оцінки впровадження інноваційних конвергентних рішень в МОЗ та оптимізувати роботу інфокомунікаційної системи в цілому.

**Список літератури:** 1. *Соколов Н.А.* Телекоммуникационные сети. – М.: Альварес Паблшинг, 2004. 2. *Rassmussen M., Orlov L.M., Bright S.* Taking Control of It Risk. Defining a Comprehensive IT Risk Management Strategy, Forrester, 2006, 20 p. 3. *Недосекин А.О.* Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. – СПб, тип. Сезам, 2002. 4. SAP GRC Access Control. Comprehensive, Remediation, and Prevention of Access Risk, 2007 – <http://www.sap.com/solutions/grc/brochures>. 5. *Заде Л.А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. – В кн.: Математика сегодня. – М.: Знание, 1974. – С. 5-49. 6. *Виленский П.Л., Лифшиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М.: Дело, 2002. 7. *Bacley, J.* The Fuzzy Mathematics of Finance. – Fuzzy Sets and Systems, 1987. – № 21. 8. *Михайловский Н.Э.* Архитектура информационной системы, оценка рисков и совокупная стоимость владения, 2003. – <http://www.cfin.ru/management/practice/supremum2002/16.shtml>. 9. *Deepak P.* Business Intelligence for Telecommunications. – Boca Raton, FL: Auerbach Publications, c2007. 10. *Бакланов И.Г.* NGN: принципы построения и организации / Под ред. Ю.Н.Чернышева. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с. 11. «Method123» – <http://www.Method123.com>. 12. *Воронцов Ю.А., Галиахметов А.Р., Груничев Ю.А.* Аутсорсинг технической эксплуатации сети оператора мобильной связи // ИКС. – М. – 2007. – №7 – С. 68-71. 13. ОАО «Московская сотовая связь». Годовой отчет за 2006 г. – <http://www.skylink.ru/pages/gf.ashx?id=3028>. 14. *Dowd, Kevin,* Measuring Market Risk, 2nd Edition, [http://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Wiley\\_%26\\_Sons](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Wiley_%26_Sons) \o "John Wiley & Sons, 2005, 410 p. 15. Symantec Corporation. White Paper: Enterprise Security. Building a Comprehensive IT Risk Management Program. (Cupertino, CA. September, 2007) – <http://www.symantec.com>.

*Надійшла до редколегії 10.04.2008.*

УДК 621.319.4

**В.В.РУДАКОВ**, докт.техн.наук; **Ю.В.КРАВЧЕНКО**;  
**В.П.КРАВЧЕНКО**; НТУ «ХПИ», Харьков; **Н.Р.ЯСИНСКИЙ**;  
**Ю.А.АНТОНЕЦ**, канд.техн.наук; ЗАО «Южкабель», Харьков

## **ЕМКОСТНОЙ БЛОК РЕЗОНАНСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЕЙ**

Наведено результати вимірювання рівня часткових розрядів ємнісного блоку в складі випробувальної резонансної установки високовольтних кабелів напругою до 110кВ. Приведені практичні рекомендації.

A task of choice of quantity and sizes blocks of capacitors radially is decided - symmetric generator of powerful impulses of current, going out from the condition of accumulation of as possible greater energy at the limited sizes of generator. Practical recommendations are presented.

**Постановка задачи.** Для испытания кабелей напряжением выше 35 кВ применяют специальные установки высокого напряжения в виде каскадов трансформаторов или резонансные схемы [1]. Последние позволяют существенно увеличить номинальную мощность испытательной установки.

На заводе ЗАО «Южкабель» с 2002 г. начат выпуск высоковольтных кабелей с полиэтиленовой изоляцией на 110кВ. Высоковольтные испытания этих кабелей производятся на высоковольтной испытательной резонансной системе камерного типа TSR 175/100/75-1500 фирмы Hipotronics, позволяющей получать на емкостной нагрузке 7,8-156нФ переменное напряжение 0÷175кВ при мощности 1500кВА [2]. Установка также позволяет проводить измерения частичных разрядов (ЧР) с чувствительностью по интенсивности ЧР порядка единиц пикокулон. Опыт эксплуатации установки показал, что на коротких отрезках кабелей (малая нагрузочная емкость) не достигается необходимого значения испытательного напряжения при всех возможных регулировках элементов испытательного оборудования.

Эту задачу можно решить, включив параллельно испытываемому отрезку кабеля базовую емкость, что позволит в сумме с емкостью кабеля обеспечить условия резонанса и достичь необходимого значения испытательного напряжения. При этом уровень частичных разрядов не должен превышать 2 пК при испытательном напряжении 96кВ для кабелей на номинальное напряжение 110 кВ.

**Цель работы.** Исследование уровня частичных разрядов в контуре резонансной схемы с емкостным блоком, изготовленным по технологии НИПКИ «Молния».

**Принцип работы резонансной схемы.** Эквивалентная электрическая схема резонансного испытательного контура представлена на рис.1 [3]. В схеме вторичная обмотка резонансного трансформатора  $Tr$  присоединена последовательно к дросселю с регулируемой индуктивностью  $L_{\Pi}$  и последовательно включенной испытываемой емкости  $C$ . Сопротивление  $R_I$  представляет собой сумму активных сопротивлений обмоток: вторичной трансформатора и дросселя. Сопротивление  $R_2$  – это суммарное активное сопротивление измерительного делителя напряжения и емкости  $C$ . Значение индуктивности  $L_{\Pi}$  выбирают так, чтобы имел место резонанс напряжений в схеме: емкость  $C$  – суммарная индуктивность  $L_{\Pi}$  и вторичной обмотки трансформатора –  $L_{Tr}$ . В этом случае мощность питающего трансформатора и дросселя резко снижаются, а при пробое изоляции объекта  $C$  установка мгновенно выходит из резонанса, благодаря чему разрушения в изоляции оказываются небольшими. Частота колебаний  $\omega$  резонансного контура составит:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{C(L_{\Pi} + L_{Tr})}}. \quad (1)$$

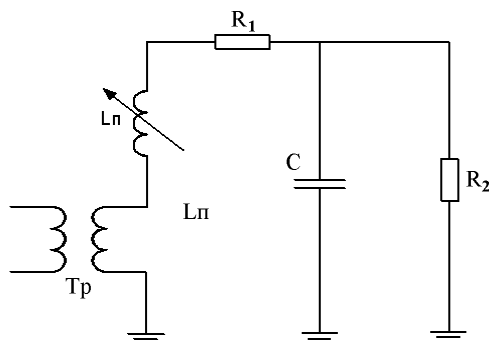


Рисунок 1 – Упрощенная эквивалентная электрическая схема испытательной установки

Настройка контура в резонанс при постоянной частоте воздействующего сетевого напряжения 50 Гц осуществляется путем изменения индуктивности  $L_{п}$ . По этому принципу на заводе «Южкабель» установлена и работает установка TSR 175/100/75-1500.

В качестве измерительного устройства частичных разрядов используется детектор ЧР, DDX-7000SL-R-B.

В соответствии с технической документацией приемо-сдаточные испытания кабелей на 110 кВ переменным напряжением частоты 50 Гц осуществляется при испытательном напряжении 160 кВ в течение 30 минут. По паспортным данным установки TSR 175/100/75-1500 возможно проведение испытаний кабелей, имеющих емкость от 7,8 нФ до 156 нФ. Нетрудно, по формуле (1), определить, что индуктивность реактора в резонансном режиме работы соответственно от 1300 Гн до 65 Гн (индуктивность трансформатора  $Tr$  намного меньше и ее значением пренебрегаем).

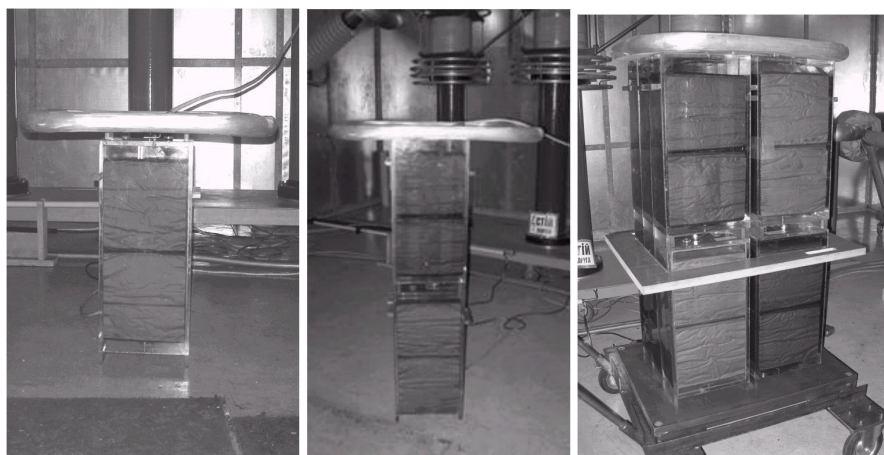
Требуемое испытательное напряжение достигается при емкостях кабеля 105 нФ и выше, то есть на длинах кабелей, близких к строительной. Для коротких отрезков кабелей с емкостью менее 105 нФ невозможно достичь испытательного напряжения 160 кВ с помощью типовых настроечных режимов испытательной схемы. Поэтому при испытании коротких кабелей необходимо увеличивать емкость нагрузки путем параллельного подключения дополнительной нагрузочной емкости. Поскольку минимальная нагрузочная емкость кабеля может составлять 50÷55 нФ, то емкость дополнительного нагрузочного конденсатора должна быть равна не менее 50 нФ. Таким образом, в состав испытательной схемы необходимо ввести дополнительный нагрузочный конденсатор емкостью 50 нФ с номинальным напряжением не ниже 160 кВ. Значение емкости вполне достаточно для проведения испытаний коротких кабелей, поскольку в схеме присутствует стационарная емкость 12 нФ, включенная параллельно испытываемому кабелю.

**Дополнительная нагрузочная емкость.** В качестве диэлектрика в дополнительной емкости применена конденсаторная бумага МКОН-1 (плотность  $1 \text{ г/см}^3$ , ширина 280 мм, толщина листа 10 мкм) с малыми диэлектрическими потерями (тангенс угла диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta = 0,0013$ ) и двухосноориентированная односторонне шероховатая полипропиленовая пленка (плотность  $0,92 \text{ г/см}^3$ , ширина 275 мм, толщина листа 12 мкм) с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,25$  и тангенсом угла диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta = 2,5 \cdot 10^{-4}$  [3]. Слои конденсаторной бумаги перемежаются со слоями пленки. В качестве пропитывающей жидкости использовано нефтяное масло, электрическая прочность которого в стандартном разряднике составила 70 кВ. Обкладки конденсатора выполнены из алюминиевой фольги марки А5Т толщиной 9 мкм. Рабочая напряженность в диэлектрике из 4-х листов бумаги и 3-х листов пленки (толщина изоляции 76 мкм) составила 24,26 кВ/мм при рабочем напряжении на нагрузочной емкости 200 кВ.

При испытательном напряжении на нагрузочной емкости 160 кВ рабочая напряженность в диэлектрике составит 19,4 кВ/мм, что соответствует среднему ресурсу более 30 лет.

Конструктивно дополнительная нагрузочная емкость выполнена из 12 конденсаторов, каждый из которых выполнен в корпусе из оргстекла и имеет размеры  $318 \times 150 \times 700$  (рис. 2, а) и вес  $\approx 40$  кг. Выводы из конденсатора выполнены в виде шпилек с противоположных сторон. Емкость каждого конденсатора, состоящего из 56 последовательно включенных секций, составляет  $16,5 \text{ нФ} \pm 5 \%$  при номинальном действующем напряжении промышленной частоты 100 кВ. Две последовательно соединенные группы из 6 параллельно включенных конденсаторов каждая смонтированы в блок на передвижной тележке (рис. 2, в). Таким образом, общая емкость блока составила 49,8 нФ, тангенс угла диэлектрических потерь – менее  $2 \cdot 10^{-3}$ . Каждый конденсатор имеет герметичную воздушную полость для температурной компенсации. Предусмотрена пробка для доливки или отбора масла. Сверху блока установлен алюминиевый экран тороидального типа для устранения коронных явлений. Стоимость емкостного блока в 5-6 раз меньше стоимости зарубежных образцов.

На рис. 3, 4 представлены результаты по определению интенсивности частичных разрядов (ИЧР) на дополнительной емкости в зависимости от величины прикладываемого испытательного напряжения. Определение величины ИЧР проводилось в ходе апробации нагрузочной емкости на заводе ЗАО «Южкабель». Кроме измерения частичных разрядов для всей конструкции в сборке (рис. 3, кривая 1), были проведены измерения данного параметра и отдельно для одного конденсатора (с установкой тороидального экрана и без) (рис. 4), а также для двух последовательно соединенных конденсаторов (рис. 2, б), установленных друг на друга (с экраном) (рис. 3, кривая 2).



а)

б)

в)

Рисунок 2 – Конденсатор с экраном (а), 2 последовательно соединенных конденсатора с экраном (б) и нагрузочная емкость из 12 конденсаторов с экраном (в) на испытательном поле

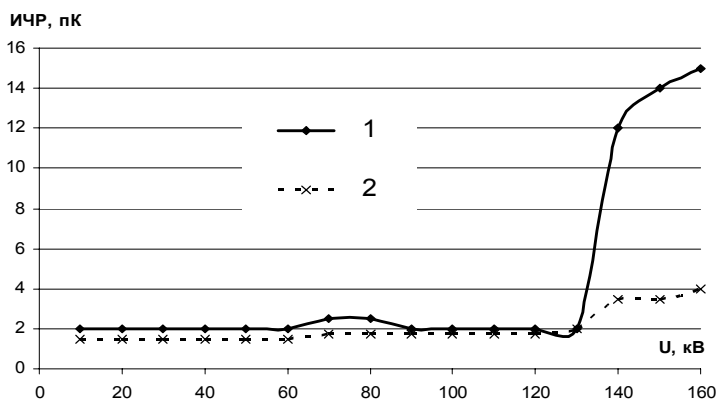


Рисунок 3 – Зависимость ИЧР от уровня испытательного напряжения для: 1 – дополнительной емкости в сборке (12 конденсаторов); 2 – 2-х конденсаторов.

Представленные на рис. 3, 4 результаты по определению величины частичных разрядов свидетельствуют о том, что для нагрузочной емкости в сборке значение ИЧР в диапазоне  $U = 0 \div 130$  кВ не превышает 2,5 пК. Далее с ростом испытательного напряжения происходит резкое (5-7 раз) увеличение ИЧР до значений, существенно превышающих максимально допустимый уровень, оговоренный в техническом задании. Аналогичная ситуация наблюдается и при испытании 2-х последовательно соединенных конденсаторов, хотя рост ИЧР, происходящий при  $U > 130$  кВ, не является таким значитель-

ным (превышение составляет до 2 раз по сравнению с величиной ИЧР при  $U = 0 \div 130$ ).

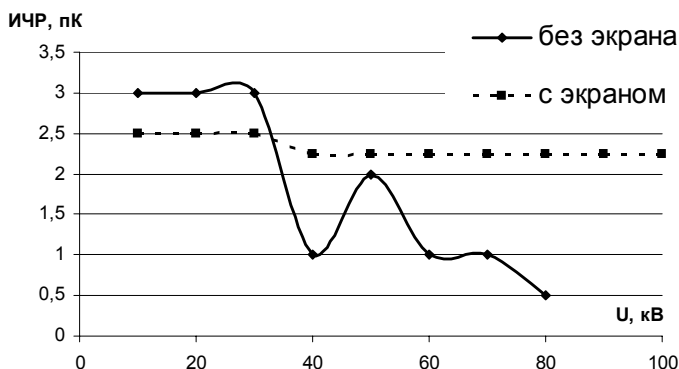


Рисунок 4 – Зависимость ИЧР от уровня испытательного напряжения для одного конденсатора

В тоже время, испытания отдельно одного конденсатора с установкой на него тороидального экрана показало, что во всем диапазоне изменения напряжений ( $U = 0 \div 100$  кВ) полученные значения ИЧР не превышают уровня в 2,5 пК.

Анализ полученных результатов позволяет предположить, что для дополнительной нагрузочной емкости в сборке значительный рост ИЧР при  $U > 130$  кВ обусловлен несовершенством конструкции предотвращающего коронные явления экрана, а именно малой его площадью. Если, судя по результатам испытаний, данный экран обеспечивает отсутствие короны для одного конденсатора, то для всей конструкции, имеющей в 2 раза большую высоту и в 6 раз большую площадь горизонтальной поверхности, его размеров недостаточно.

Таким образом, сконструированная дополнительная нагрузочная емкость позволяет осуществить испытание кабелей 110 кВ на уровень частичных разрядов требуемым испытательным напряжением 96 кВ, так как при этом значения ИЧР самой дополнительной емкости удовлетворяют техническому заданию и не превышают 2,5 пК. Дополнительная нагрузочная емкость также позволяет испытывать кабели 110 кВ напряжением 160 кВ, однако на данном уровне испытательного напряжения не обеспечивается возможность достоверного измерения величины частичных разрядов из-за высокого собственного уровня ИЧР конденсаторной установки. Выходом из данной ситуации может стать как усовершенствование конструкции дополнительной емкости (в первую очередь тороидального экрана), так и подключением конденсаторной конструкции перед высоковольтным фильтром низких частот испытательной установки, что обеспечит предотвращение про-

никновения сигналов ЧР дополнительной емкости в цепь измерительного резистора [4].

#### **Выводы:**

- 1 Реализована резонансная испытательная схема для испытания коротких образцов высоковольтных кабелей путем введения в состав схемы дополнительной нагрузочной емкости, подключаемой параллельно испытываемому отрезку кабеля.
- 2 Приведены расчет и конструкция дополнительной емкости на основе комбинированного бумажно-плёночного диэлектрика, пропитанного нефтяным маслом. Данная конструкция позволяет существенно расширить возможности испытательной схемы и имеет в 5-6 раз меньшую стоимость по сравнению с известными аналогичными конструкциями.
- 3 Проведен анализ результатов измерения уровня частичных разрядов на дополнительной нагрузочной емкости. Показана необходимость проведения дальнейших исследований, связанных с решением задачи по достижению уровня ИЧР не более 2 пК во всем диапазоне испытательных напряжений  $U = 0 \div 160$  кВ. Обозначены возможные пути решения данной задачи.

**Список литературы:** 1. Привезенцев В.А., Гроднев И.И., Холодный С.Д., Рязанов И.Б. Основы кабельной техники / Учеб. пособ. для вузов. Под. ред. В.А.Привезенцева. – М.: Энергия. 1975. – 472 с. 2. Каталог фирмы Hipotronics – 2002. – 10 с. 3. Кравченко Ю.В., Набока Б.Г., Рудаков В.В. и др. Резонансная установка для испытания коротких отрезков высоковольтных кабелей // Электротехника і електромеханіка. – 2008. – № 4. – С. 75-80. 4. Рудаков В.В., Набока Б.Г., Кравченко Ю.В. и др. Повышение добротности колебательного контура резонансной установки для высоковольтных испытаний кабелей // Метрологія та прилади. – 2008. – № 2. – С. 33-37.

*Поступила в редколлегию 02.09.2008.*

УДК 65.012:34(477).

**А.А.СЕРКОВ**, докт.техн.наук, НТУ «ХПИ», Харьков;

**В.Я.ПЕВНЕВ**, канд.техн.наук, ХНУВС, Харьков

#### **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: КОНЦЕПЦИЯ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Розглянуто існуючі визначення інформаційної безпеки, виявлені недоліки цих визначень. Запропоновано визначення інформаційної безпеки, які базуються на системному підході. Розглянуто функції інформаційної безпеки з точки зору властивості інформації та засобів її забезпечення